

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 701 766

(21) N° d'enregistrement national : 93 02279

(51) Int Cl⁵ : G 01 N 21/89, 33/36, G 06 F 15/70

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 17.02.93.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 26.08.94 Bulletin 94/34.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : *Centre Technique Industriel dit:
INSTITUT TEXTILE DE FRANCE — FR.*

(72) Inventeur(s) : Guermonprez Philippe.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Cabinet Beau de Loménie.

(54) Procédé d'acquisition et de traitement de l'image d'un article plan, du type étoffe de tissu, en vue de la détection de défauts de fabrication.

(57) Le procédé d'acquisition et de traitement de l'image d'un article plan, du type étoffe de tissu, ayant une structure périodique dans au moins une direction, en vue de la détection de défauts, consiste:

a) à acquérir une image initiale numérique de la surface de

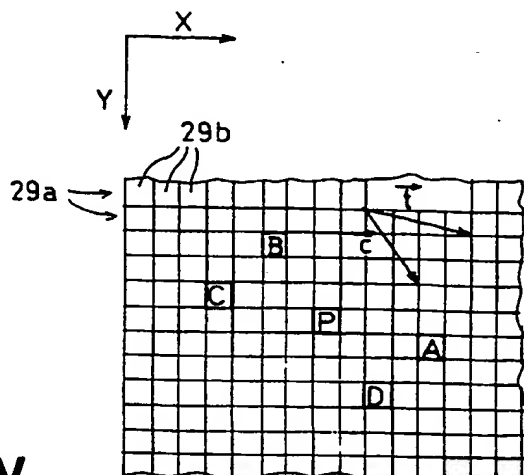
l'article, caractérisée par au moins un vecteur période \vec{T} (respectivement \vec{D}),

b) et simultanément ou successivement, à appliquer à chaque point élémentaire P de l'image initiale, la succession d'étapes suivantes:

b1) calculer un niveau de gris NG'(P) qui est proportionnel à la valeur absolue de la différence des niveaux de gris dans l'image initiale, respectivement du point élémentaire P, et de son homologue A (respectivement D) par la translation de vecteur

période \vec{T} (respectivement \vec{D});

b2) affecter au point élémentaire P, le niveau de gris calculé à l'étape précédente.



Best Available Copy

FR 2 701 766 - A1



PROCEDE D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DE L'IMAGE
D'UN ARTICLE PLAN, DU TYPE ETOFFE DE TISSU, EN VUE DE
LA DETECTION DE DEFAUTS DE FABRICATION

La présente invention a pour objet un procédé d'acquisition et traitement de l'image d'un article plan à structure périodique, du type étoffe de textile tissée, en vue de la détection de défauts de fabrication dans cet article.

05 Dans le domaine du tissage, chaque pièce de tissu peut se caractériser par une armure plus ou moins complexe correspondant à un motif élémentaire qui se répète périodiquement dans tout le tissu, en fonction du mode d'entrecroisement des fils de chaîne et de trame. La structure périodique du tissu est donc définie
10 par la taille de l'armure et par les deux directions dans lesquelles l'armure se répète. Ces deux directions correspondent approximativement aux directions des fils de trame et de chaîne constituant les deux voies naturelles de formation du tissu.

 Lorsqu'un défaut apparaît au moment de la fabrication du
15 tissu, celui-ci se traduit par un défaut de périodicité dans la structure du tissu. Dans la pratique, la détection des éventuels défauts de fabrication est effectuée, une fois que le tissu est déjà entièrement terminé, lors d'une opération complémentaire appelée visitage. Cette opération consiste à dérouler la pièce de
20 tissu sur une table de visite devant un opérateur qui contrôle visuellement la qualité de la pièce ; l'opérateur arrête le déroulement de la pièce lorsqu'il voit un défaut et positionne en lisière une sonnette de repérage du défaut.

 L'opération de visitage telle que décrite ci-dessus reste
25 cependant une source d'erreurs et ne permet pas des cadences de traitement importantes.

 En vue de pallier ces inconvénients, on a déjà proposé, notamment par le document US 4 619 527, de remplacer le visitage humain, par une détection automatique des défauts de fabrication
30 dans la pièce de tissu, qui est basée sur l'acquisition d'une image numérique du tissu, et sur le traitement de cette image. La pièce de tissu est déroulée en continu et à plat sur une table de visite, en étant éclairée par transmission et/ou réflexion par un flux de lumière. Un dispositif d'acquisition d'images,

utilisant des capteurs optoélectriques qui transforment la lumière transmise et/ou réfléctive par les fibres du tissu en un signal analogique qui est ensuite numérisé, acquiert une image numérique de la surface du tissu, laquelle image est filtrée en vue de supprimer la texture générale du tissu dans l'image. Cette texture générale est liée à l'entrecroisement régulier des fils de trame et de chaîne du tissu. Le principe qui est à la base du filtrage de l'image consiste à effectuer la différence entre deux valeurs de luminosité qui sont obtenues en effectuant une moyenne de la luminosité traversant deux fentes identiques, et parallèles à la direction soit des fils de trame soit des fils de chaîne.

Le procédé de filtrage décrit dans le document US 4,619,597 peut être mis en oeuvre soit à l'aide de filtres optiques appropriés, soit en effectuant un traitement électronique sur l'image numérique qui a été acquise de la surface du tissu. L'inconvénient de ce procédé de filtrage réside dans l'absence de prise en compte de la périodicité de la structure du tissu.

Le premier but que s'est fixé le demandeur est de proposer un procédé d'acquisition et de traitement de l'image d'un article plan, du type étoffe de textile tissée, en vue de la détection de défauts de fabrication, qui pallie l'inconvénient précité. Le deuxième but que s'est fixé le demandeur est de proposer un traitement de l'image suffisamment simple pour être mis en oeuvre en temps réel, par une chaîne de traitement électronique.

Ces deux buts sont parfaitement atteints par le procédé d'acquisition et de traitement de l'image d'un article plan, qui de manière connue consiste :

- a) à acquérir une image initiale numérique de la surface de l'article,
- b) et simultanément ou successivement, à filtrer l'image initiale en vue d'obtenir une deuxième image dans laquelle la texture générale de l'article a été en tout ou partie supprimée.

De manière caractéristique selon l'invention, l'article ayant une structure périodique dans au moins une direction, l'image initiale se caractérise par au moins un vecteur période \vec{t} (respectivement \vec{c}) qui correspond à la période de la structure

3

de l'article. Dans ce cas, l'étape b) précitée consiste à appliquer à chaque point élémentaire P de l'image initiale, la succession d'étapes suivantes :

05 b1) calculer un niveau de gris $NG'(P)$ qui est proportionnel à la valeur absolue de la différence des niveaux de gris, dans l'image initiale, du point élémentaire P et de son homologue A (respectivement D) par la translation de vecteur période \vec{t} (respectivement \vec{c}) ;

10 b2) affecter au point élémentaire P, le niveau de gris calculé à l'étape précédente.

Le vecteur période \vec{t} ou \vec{c} peut être déterminé à partir de la période réelle de la structure de l'article, et de la résolution du dispositif permettant l'acquisition de l'image initiale. Le vecteur période \vec{t} ou \vec{c} peut également être extrapolé
15 à partir de la valeur des niveaux gris d'une image initiale d'une partie de la surface de l'article plan qui est dépourvue de défaut, comme décrit ci-après.

Le filtrage de l'image initiale correspondant à l'étape b) précitée, peut être effectué une fois que l'image a été acquise et mémorisée. Il peut également être avantageusement réalisé en
20 temps réel en cours d'acquisition de l'image initiale.

Plus particulièrement, le procédé de l'invention consiste en outre à effectuer à l'étape b1) précitée, le calcul d'un niveau de gris $NG''(P)$ qui est proportionnel à la valeur absolue de la différence des niveaux de gris, dans l'image initiale, du
25 point élémentaire P et du point élémentaire C (respectivement B) dont P est l'homologue par la translation de vecteur période \vec{t} (respectivement \vec{c}). Dans ce cas, le procédé comporte une étape supplémentaire préalable à l'étape b2) précitée, consistant à
30 déterminer un niveau de gris $NG(P)$ qui est fonction des niveaux de gris $NG'(P)$ et $NG''(P)$.

Selon une première variante de réalisation, le niveau de gris $NG(P)$ est proportionnel à la somme des deux niveaux de gris $NG'(P)$ et $NG''(P)$.

35 Selon une deuxième variante de réalisation, le niveau de gris $NG(P)$ est proportionnel à la plus petite valeur des deux niveaux de gris $NG'(P)$ et $NG''(P)$. Cette deuxième variante de

réalisation permet de supprimer les phénomènes d'échos qui seront décrits ultérieurement.

05 Dans le but d'obtenir une deuxième image qui soit en noir et blanc, le procédé de l'invention comprend avantageusement, après l'étape b2) précitée, une étape supplémentaire b3) qui consiste à rendre binaire le niveau de gris du point élémentaire P, en le comparant à un premier seuil S_{1t} (respectivement S_{1c}) prédéterminé.

10 Les points élémentaires de la deuxième image susceptible de caractériser un défaut de fabrication, sont ceux pour lesquels le niveau de gris avant comparaison est inférieur au premier seuil.

Avantageusement, le premier seuil S_{1t} (respectivement S_{1c}) est choisi en fonction d'un coefficient ξ qui est inférieur à 1 de telle sorte que :

$$\int_{S_{1c}}^{\infty} P(Y) dY = \xi,$$

20 P(Y) étant la probabilité que le niveau de gris qui est affecté au point élémentaire P à l'étape b2) prenne la valeur Y. Avantageusement, le procédé de l'invention comprend après l'étape b), une étape supplémentaire c) consistant à transformer la deuxième image numérique en noir et blanc obtenue à l'étape b3), d'une part en calculant pour chaque point élémentaire P de ladite deuxième image, la somme des niveaux de gris des points
25 élémentaires situés dans une fenêtre élémentaire qui est de forme et de dimension prédéterminées, et qui contient le point élémentaire P, et d'autre part en affectant la valeur binaire 0 ou 1 au niveau de gris de chaque point élémentaire P, en fonction du résultat de la comparaison de ladite somme avec un deuxième seuil S_{2t} (respectivement S_{2c}) prédéterminé.
30

La forme et la dimension de la fenêtre élémentaire dépendent du type de défaut que l'on souhaite détecter. En pratique, s'agissant de fenêtres élémentaires de forme rectangulaire, la largeur du rectangle sera fonction de la finesse
35 des défauts que l'on souhaite détecter, et la longueur du rectangle sera fonction de la longueur de ces défauts.

De préférence, la fenêtre élémentaire contenant n points

élémentaires, le deuxième seuil S_{2t} a pour valeur $3 \sqrt{\sum (1-\xi)n} + \sum n$.

05 Selon un mode préféré de réalisation du procédé de l'invention, celui-ci comprend en outre une étape dite d'apprentissage préalable à l'étape a) et destinée à permettre un calcul automatique des vecteurs période \vec{t} et \vec{c} de l'image initiale. Cette étape d'apprentissage consiste dans un premier temps à acquérir sous un éclairage une première image numérique dite d'apprentissage, d'une partie de la surface de l'article qui
10 est dépourvue de défaut, et dans un deuxième temps à déterminer au moins un vecteur période \vec{t} (respectivement \vec{c}) de la première image d'apprentissage parmi plusieurs vecteurs prédéterminés, en effectuant la succession d'étapes suivantes :

1) calculer pour chaque vecteur prédéterminé une image d'apprentissage filtrée, en appliquant les étapes b1) à b2) précitées pour chaque point élémentaire de l'image d'apprentissage,

2) choisir pour vecteur période, le vecteur prédéterminé pour lequel la somme des niveaux de gris de l'image d'apprentissage filtrée est minimale.
20

La probabilité $P(y)$ définie précédemment, et par là-même la valeur du premier seuil S_{1t} (respectivement S_{1c}), peuvent être aisément calculées à partir d'un calcul de l'histogramme des niveaux de gris de l'image d'apprentissage filtrée du vecteur période \vec{t} (respectivement \vec{c}) qui a été déterminé.
25

L'étape d'apprentissage consiste donc en outre dans un premier temps à calculer, à partir de l'histogramme des niveaux de gris de l'image d'apprentissage filtrée du vecteur période \vec{t} (respectivement \vec{c}), la fonction de répartition $F(S)$ de ces niveaux de gris. En pratique, étant donné que la fonction de répartition des niveaux de gris est discontinue du fait de la quantification des valeurs de niveau de gris, il n'est pas possible de déterminer le premier seuil S_{1t} (respectivement S_{1c}) à partir d'un coefficient ξ prédéterminé et inférieur à 1, comme étant le seuil
30 S tel que $F(S)$ est strictement égal à $(1 - \xi)$. Par conséquent, l'étape d'apprentissage consiste en outre dans un deuxième temps, à partir d'un coefficient ξ prédéterminé et inférieur à 1, à
35

6

calculer automatiquement le premier seuil S_{1t} (respectivement S_{1c}) comme étant le plus petit seuil S tel $F(S)$ est supérieur ou égal à $(1 - \xi)$.

05 Plus particulièrement, l'étape d'apprentissage consiste également en outre à déterminer automatiquement, à partir d'un nombre de points élémentaires n prédéterminé, le deuxième seuil S_{2t} en calculant l'expression suivante :

$$3 \sqrt{F(S_{1t})(1 - F(S_{1t}))n + n(1 - F(S_{1t}))}$$

10 Le nombre de points élémentaires prédéterminé correspond au nombre de points élémentaires qui sont contenus dans la fenêtre élémentaire qui est utilisée lors de l'étape c) qui a été décrite précédemment.

15 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante de variantes particulières de réalisation du procédé de l'invention, appliquées à la détection de défauts de fabrication dans une étoffe de tissu, donnée en référence au dessin annexé sur lequel :
La figure 1 est une représentation schématique générale d'un
20 dispositif particulier permettant la mise en oeuvre du procédé de l'invention,

La figure 2 est un schéma bloc des moyens électroniques du dispositif de la figure 1,

25 Les figures 3A et 3B' sont des schémas blocs de deux modes particuliers de réalisation des moyens de filtrage qui sont utilisés dans les moyens de traitement électronique de la figure 2, et qui permettent la mise en oeuvre des étapes b1) à b3) du procédé de l'invention,

30 La figure 4 est une représentation schématique de l'image initiale qui est acquise de la surface de l'étoffe de tissu,

La figure 5 est une représentation schématique d'une partie de l'image en noir et blanc obtenue à l'étape b3) et faisant apparaître une fenêtre élémentaire particulière pour la réalisation de l'étape c),

35 La figure 6A représente le signal de luminance qui est délivré par la barrette de photodiodes utilisée dans le dispositif de la figure A,

Les figures 6B et 6C sont des courbes permettant d'illustrer le phénomène d'écho à partir du signal de luminance de la figure 6A, La figure 7A illustre une image initiale particulière,

05 Les figures 7B à 7F illustrent respectivement les images numériques obtenues à partir du filtrage de l'image initiale de la figure 7A,

La figure 7G correspond à l'image de la figure 7A, sur laquelle apparaissent les limites des défauts qui ont été détectés par le procédé de l'invention,

10 La figure 8 est une représentation schématique de l'image d'apprentissage, sur laquelle sont représentés certains vecteurs prédéterminés,

Les figures 9A et 9B représentent des organigrammes de fonctionnement permettant le calcul des vecteurs période de
15 l'image initiale de l'étoffe de tissu, et

La figure 9C est un organigramme illustrant les différentes étapes permettant le calcul des premier et deuxième seuils, pour un vecteur période donné.

20 Le procédé d'acquisition et de traitement d'image de l'invention permet notamment la détection de défauts de fabrication dans une étoffe 1 de tissu, telle que celle représentée à la figure 1. Il consiste à acquérir une image initiale numérique de la surface de l'étoffe (étape a)) et simultanément ou successivement à cette acquisition, à filtrer
25 l'image initiale numérique obtenue (étape b)). L'acquisition de l'image initiale numérique peut être faite sous un éclairage cohérent ou non cohérent.

Selon un procédé d'acquisition d'image connu de l'homme du métier, et donné à titre d'exemple non limitatif, l'étape a
30 d'acquisition est réalisée en faisant défiler l'étoffe 1 en continu, dans le sens de la flèche D, à l'aide d'un dispositif enrouleur-dérouleur 2a, 2b, devant une caméra ligne type CCD. La prise d'images effectuée par cette caméra est synchronisée avec la vitesse de défilement de l'étoffe 1.

35 La caméra ligne qui est représentée schématiquement à la figure 1 consiste d'une part en une barrette 3 de photodiodes, qui permet l'acquisition à chaque prise d'image d'une ligne 1a de

l'étoffe 1, en transformant la lumière réfléchie et transmise par l'étoffe, en un signal analogique 8 dit de luminance, et d'autre part en un convertisseur analogique-numérique 4, qui code de façon synchrone avec le signal d'horloge 10, le signal de luminance 8 en un premier signal numérique 9 sur huit bits, dont les valeurs instantanées successives constituent les niveaux de gris des points élémentaires de l'image initiale numérique de l'étoffe 1. Ce premier signal numérique 9 est transformé par l'intermédiaire de moyens électroniques 5 en un deuxième signal numérique 11, dont les valeurs instantanées successives constituent les niveaux de gris des points élémentaires d'une deuxième image numérique, qui peut être affichée pour un opérateur à l'aide de moyens de visualisation 6, qui sont par ailleurs déjà connus.

On a représenté à la figure 7A l'image initiale de l'étoffe de tissu 1, qui serait affichée par les moyens de visualisation 6, si ceux-ci étaient reliés au premier signal numérique 9. Une vue partielle de cette image initiale a également été représentée de façon schématique à la figure 4. Cette image est constituée de lignes 29a qui sont composées de points élémentaires 29b, encore appelés pixels. Chaque ligne 29a correspond à une prise d'image par la caméra ligne. Les directions X et Y correspondent respectivement aux directions générales des fils de trame et de chaîne de l'étoffe de tissu 1. Il apparaît donc clairement à la figure 4 que la barrette 3 de photodiodes a été orientée en sorte d'être parallèle à la direction des fils de trame. Cette orientation particulière, mais qui n'est pas nécessaire à la réalisation du procédé d'acquisition et de traitement de l'invention, a été choisie dans un souci de simplification de l'exposé de ce procédé.

L'image initiale numérique représentée à la figure 4 se caractérise par deux vecteurs période \vec{t} et \vec{c} qui ont pour axe principal respectivement l'axe X et Y. Ces deux vecteurs période \vec{t} et \vec{c} de l'image initiale numérique correspondent à la double périodicité de l'armure de l'étoffe de tissu 1.

Si l'on considère un point élémentaire particulier P de l'image initiale numérique, celui-ci a pour homologues les points

05 élémentaires A et D respectivement par les translations de
vecteur \vec{t} et \vec{c} . De même, ce point élémentaire P est l'homologue
des points élémentaires C et B respectivement par les
translations de vecteur \vec{t} et \vec{c} . Le principe sur lequel repose le
10 filtrage de l'étape b) du procédé de l'invention consiste, pour
chaque vecteur période \vec{t} et \vec{c} , à transformer l'image initiale
numérique qui a été acquise, en une deuxième image numérique, en
calculant pour chaque point élémentaire P de l'image initiale un
nouveau niveau de gris, à partir des niveaux de gris du point
15 élémentaire P et des niveaux de gris des points élémentaires qui
lui sont voisins à une période près, à savoir les points
élémentaires A et C ou B et D selon qu'il s'agit du vecteur
période \vec{t} ou \vec{c} .

15 Les moyens de traitement électronique 5, dont
l'architecture et le fonctionnement vont être à présent décrits
en référence aux figures 2, 3A et 3B, permettent la mise en
oeuvre de l'étape b) de filtrage de l'invention. Ces moyens de
traitement électronique 5 comportent en entrée quatre registres à
20 décalage 13a, 13b, 13c et 13d qui sont connectés dans cet ordre
en cascade, le registre 13a recevant en entrée le premier signal
numérique 9. La taille de ces registres est programmée en sorte
que les registres 13a et 13d puissent contenir n octets, et les
registres 13b et 13c puissent contenir m octets. Ces registres
sont en outre tous synchronisés par le même signal d'horloge H,
25 qui est constitué par le signal d'horloge 10 du convertisseur
analogique-numérique 4. Ainsi, les octets qui sont générés par le
convertisseur analogique-numérique, et qui correspondent au
niveau de gris des points élémentaires successifs de l'image
initiale numérique, progressent à chaque impulsion du signal
30 d'horloge H, dans la file de données constituée par les registres
13a, 13b, 13c et 13d.

Sachant que chaque ligne 29a de l'image initiale comporte
n' points élémentaires 29b, et que les vecteurs \vec{t} et \vec{c} ont pour
coordonnées respectives (tx, ty) et (cx, cy), les nombres
35 d'octets contenus dans les registres à décalage sont donnés par
les deux relations suivantes :

$$m = ty.n' + tx$$

10

$$n = cy.n' + cx - m$$

Dans l'exemple illustré à la figure 4, les vecteurs \vec{t} et \vec{c} ont pour coordonnées respectives (4,1) et (2,3). Dans ce cas, les registres 13a et 13d sont programmés pour contenir 2046 octets et les registres 13b et 13c sont programmés pour contenir 1028 octets. De la sorte si l'on considère, à un instant donné, que le signal numérique 14 reliant les registres 13b et 13c, représente le point élémentaire P de la figure 4, il en résulte que les signaux numériques 15 et 16 correspondent respectivement aux points élémentaires A et C. De la même façon, le signal numérique 9 et le signal numérique 12 qui est délivré en sortie par le registre en décalage 13d correspondent respectivement aux points élémentaires D et B.

Les moyens de traitement électronique 5 comportent également des premiers 17 et deuxièmes 26 moyens de filtrage permettant de traiter en parallèle respectivement les trois signaux 14, 15 et 16 et les trois signaux 14, 9 et 12.

Un exemple de réalisation des premiers moyens de filtrage 17 est détaillé à la figure 3A. Ceux-ci comportent en entrée des premiers 18a et 19a, et deuxièmes 18b et 19b, moyens de comparaison qui délivrent respectivement en sortie des signaux 20a et 20b qui correspondent respectivement à la valeur absolue de la différence des deux signaux 14 et 15 et à la valeur absolue de la différence des deux signaux 14 et 16. Les signaux 20a et 20b sont ensuite transformés par des troisièmes moyens de comparaison 21 en un signal 21a ayant pour valeur la plus petite valeur des deux signaux 20a et 20b. Le signal 21a est ensuite transformé par des moyens de seuillage 22, en un signal binaire 23 valant 0 ou 1 selon que la valeur du signal 21a est strictement inférieure ou supérieure à un premier seuil prédéterminé S_{1t} .

En connectant directement les moyens de visualisation 6 à la sortie des premiers moyens de comparaison 18a, 19a, on met en oeuvre le procédé de traitement de l'invention selon une première variante de réalisation qui consiste à appliquer à chaque point élémentaire P de l'image initiale, dont les niveaux de gris sont générés par le convertisseur analogique-numérique 4,

la succession d'étapes suivantes :

- 05 étape b1) calculer un niveau de gris $NG'(P)$ qui correspond à la valeur instantanée du signal $20a$ et qui est égal à la valeur absolue de la différence des niveaux de gris des points élémentaires P et A ;
- étape b2) affecter au point élémentaire P le niveau de gris $NG'(P)$ qui a été calculé à l'étape précédente.

10 La figure 7B représente la deuxième image filtrée que l'on obtient à partir de l'image initiale de la figure 7A, lorsque l'on connecte les moyens de visualisation 6 au signal $20a$, pour la mise en oeuvre de cette première variante de réalisation.

15 Si l'on connecte directement les moyens de visualisation 6 à la sortie des troisièmes moyens de comparaison 21, on met en oeuvre le procédé de traitement de l'invention selon une deuxième variante de réalisation qui consiste d'une part à effectuer à l'étape b1) précitée le calcul d'un niveau de gris $NG''(P)$ qui correspond à la valeur instantanée du signal $20b$, et qui est égal à la valeur absolue de la différence des niveaux de gris des points élémentaires P et C , et d'autre part à effectuer

20 préalablement à l'étape b2) précitée une étape supplémentaire b'1) consistant à déterminer un niveau de gris $NG(P)$ qui correspond à la valeur instantanée du signal $21a$ et qui est égal à la plus petite valeur des niveaux de gris $NG'(P)$ et $NG''(P)$. La figure 7C illustre la deuxième image initiale filtrée qui est

25 obtenue à partir de la première image initiale de la figure 7A, dans le cadre de cette deuxième variante de réalisation.

Si l'on connecte directement les moyens de visualisation 6 à la sortie des moyens de seuillage 22, on met en oeuvre le procédé de traitement de l'invention selon une troisième variante

30 de réalisation dans laquelle on effectue après l'étape b2) une étape supplémentaire b3 qui consiste à rendre binaire le niveau de gris $NG(P)$ qui a été calculé à l'étape b2, en le comparant à un premier seuil prédéterminé S_{1t} . L'image en noir et blanc qui est dans ce cas obtenue est illustrée à la figure 7D. Sur cette

35 figure, les points élémentaires susceptibles de représenter un défaut apparaissent en blanc, et correspondent à tous les points élémentaires dont le niveau de gris $NG(P)$ était supérieur au

premier seuil S_{1t} .

05 Sur l'image initiale de la figure 7A représentant la surface de l'étoffe 1, apparaît très nettement la texture générale de cette étoffe, qui correspond à l'impression visuelle rendue par l'entrecroisement des fils de trame et de chaîne du tissu. Dans cette image initiale, apparaît déjà une irrégularité dans cette texture générale, qui est due à un fil manquant en chaîne. Sur l'image filtrée de la figure 7B, la texture générale du tissu a été supprimée et l'irrégularité correspondant au fil manquant en chaîne apparaît plus nettement. Sur la figure 7C le contour de cette irrégularité est plus fin, car on a supprimé le phénomène d'écho qui va être à présent détaillé en référence aux figures 6A, 6B et 6C.

15 On a représenté à la figure 6A le signal de luminance 8 susceptible d'être obtenu par exemple en branchant un oscilloscope à la sortie de la barrette 3 de photodiodes. Dans un souci de simplification, on considère que la structure de l'étoffe est périodique dans une direction qui est confondue avec la direction X des fils de chaîne. Ainsi, le signal de luminance de la figure 6A est périodique et a pour période p . Un des pics 20 32a de ce signal traduit une irrégularité dans la périodicité du signal de luminance car son intensité est supérieure à celle de ses deux voisins 32b et 32c à une période p près. Si l'on affecte à chaque point de la courbe de la figure 6A une intensité 25 lumineuse correspondant à la valeur absolue de la différence de l'intensité lumineuse de ce point et de l'intensité lumineuse du point qui lui est voisin à une période près dans le sens croissant de la direction X, on obtient la courbe en pointillés de la figure 6B qui est composée de deux pics 33b et 33a. De la 30 même manière, si l'on affecte à chaque point de la figure 6A, une intensité lumineuse correspondant à la valeur absolue de la différence de l'intensité lumineuse de ce point avec l'intensité lumineuse du point qui lui est voisin à une période près dans le sens décroissant de la direction X, on obtient la courbe en trait plein de la figure 6B, qui se caractérise par deux pics 34a et 35 34c. Dans les deux cas, à partir d'un seul pic 32a représentant un unique défaut dans la périodicité de la structure, on génère

deux pics 33b et 33a, ou 34a et 34c. C'est ce que l'on appelle communément le phénomène d'écho. Si pour chaque point de même abscisse on ne garde que la plus petite des deux valeurs des deux courbes représentées à la figure 6B, on obtient la courbe de la figure 6C qui se traduit par un unique pic 35 ayant la même abscisse que le pic 32a. On a donc réussi à supprimer ce phénomène d'écho. Ce même principe de suppression d'écho s'applique aux niveaux de gris des points élémentaires de l'image initiale qui résultent d'une numérisation du signal de luminance 8.

On a représenté à la figure 3B, un deuxième exemple de réalisation des premiers moyens de filtrage 17 qui sont plus faciles techniquement à réaliser, mais qui ne permettent pas d'obtenir l'image de la figure 7C.

Parmi les points élémentaires de l'image filtrée de la figure 7D, seuls les points élémentaires qui apparaissent en blanc, et qui sont suffisamment regroupés, caractérisent un défaut réel de fabrication dans l'étoffe 1. Afin d'éliminer tous les points élémentaires blancs et isolés, on effectue après l'étape b3) une dernière étape c dite de validation. Cette étape de validation, qui est par ailleurs déjà connue de l'homme du métier, consiste par exemple, si l'on se réfère à la figure 5, pour chaque point élémentaire P de l'image 30 obtenue à l'étape b3, à effectuer la somme des niveaux de gris des points élémentaires situés dans une fenêtre 31 contenant le point élémentaire P, à comparer cette somme avec un deuxième seuil prédéterminé S_{2t} , et à affecter la valeur binaire 0 ou 1 au point élémentaire P en fonction du résultat de cette comparaison. Cette étape peut être mise en oeuvre par des premiers moyens de validation 24, par ailleurs déjà connus de l'homme du métier, qui transforment le signal numérique 23 en un signal numérique 25 à destination des moyens de visualisation 6. La forme et la dimension de la fenêtre 31 dépendent de la taille et de la forme des défauts que l'on souhaite détecter. En l'occurrence, cette fenêtre est un rectangle dont la longueur L coïncide avec la direction des fils de chaîne et la largeur l coïncide avec la direction des fils de trame. Les premiers moyens de filtrage 17

et les premiers moyens de validation 24 constituent une voie de traitement appelée voie chaîne, qui permet la détection des défauts qui ne sont pas colinéaires au vecteur \vec{t} , et plus particulièrement des défauts de chaîne. On peut donc
05 raisonnablement s'attendre à ce que les défauts que l'on cherche à détecter aient une forme allongée dans le sens des fils de chaîne, ce qui justifie le choix de la fenêtre rectangulaire 31.

Les moyens de traitement électronique 5 comportent également une voie de traitement dite voie trame, qui permet la
10 détection notamment des défauts de trame et qui est constituée par les deuxièmes moyens de filtrage 26 et par des deuxièmes moyens de validation 27. Dans ce cas, les fenêtres de validation des défauts seront de préférence des rectangles dont la longueur coïncide avec la direction des fils de trame. Les deuxièmes
15 moyens de filtrage 26 et les deuxièmes moyens de validation 27 sont similaires respectivement aux premiers moyens de filtrage 17 et aux premiers moyens de validation 24 et ne s'en différencient que par la valeur de leur seuil respectif S_{1c} et S_{2c} . La détermination des seuils S_{1t} , S_{2t} , S_{1c} et S_{2c} sera expliquée
20 ci-après.

Selon que l'on connecte les moyens de visualisation 6 au signal numérique 25 ou 28, délivré respectivement par les premiers ou deuxièmes moyens de validation, on obtient l'image représentée à la figure 7E ou 7F. Sur la figure 7E apparaît
25 nettement le défaut correspondant à un fil manquant en chaîne. Sur la figure 7F, ce défaut n'est pas détecté. Seuls des défauts correspondant à de petites irrégularités des fils de trame sont détectés. Il est possible à partir des deux images des figures 7E et 7F, de déterminer les frontières des défauts détectés et de
30 faire apparaître lesdites frontières sur l'image initiale numérique de la figure 7A. Cette opération, par ailleurs connue de l'homme du métier sous le nom de segmentation, permet d'obtenir l'image représentée à la figure 7G.

Les moyens de traitement électronique 5 qui ont été
35 décrits à titre d'exemple non limitatif, permettent d'effectuer en temps réel et simultanément l'acquisition de l'image initiale (étape a) et le filtrage de cette image (étape b). Cependant il

est également possible de concevoir d'autres dispositifs de mise en oeuvre dans lesquels l'étape de filtrage est effectuée après que l'étape d'acquisition ait été réalisée. Dans ce cas, l'image initiale est par exemple sauvegardée, en vue de son filtrage, dans une mémoire vive.

De manière caractéristique, le procédé d'acquisition et de traitement d'image de l'invention comprend en outre ~~avantageusement une étape supplémentaire dite d'apprentissage,~~ qui est préalable à l'étape a) correspondant à l'acquisition de l'image initiale, et qui permet notamment de calculer automatiquement les vecteurs périodes \vec{t} et \vec{c} . Cette étape d'apprentissage est mise en oeuvre à l'aide de moyens de traitement électronique 7 appropriés, recevant en entrée le premier signal numérique 9, ainsi que le signal d'horloge 10. Les moyens de traitement électronique 7 vont à présent être décrits uniquement d'un point de vue fonctionnel, leur réalisation sur le plan structurel étant à la portée de l'homme du métier.

Dans un premier temps, par l'intermédiaire des moyens de traitement électronique 7, on acquiert une image dite d'apprentissage, à partir d'une portion de l'étoffe 1, ne comportant pas de défaut. Tous les niveaux de gris des points élémentaires constituant cette image d'apprentissage sont par exemple mémorisés dans une mémoire vive, et les moyens de traitement électronique 7 sont par exemple constitués par un microprocesseur, programmé en sorte de pouvoir calculer à partir de cette image d'apprentissage qui est mémorisée, les vecteurs période \vec{t} et \vec{c} .

On a donné à titre d'exemple aux figures 9A et 9B les organigrammes de l'algorithme de calcul des vecteurs période \vec{t} et \vec{c} .

Le contenu des différentes étapes des organigrammes des figures 9A et 9B est suffisamment explicite sur ces figures et ne sera donc pas répété dans la présente description. La réalisation de ces étapes permet le calcul automatique des coordonnées (Perx, Pery) du vecteur période \vec{t} ou \vec{c} selon la direction X ou Y choisie (figure 9A). Ce calcul est effectué à partir de plusieurs vecteurs dont les coordonnées ((Retx, Rety)

sont calculées à partir de valeurs prédéterminées (minret, Maxret, K). Pour illustrer le calcul de ces vecteurs dans la direction X, on a représenté schématiquement à la figure 8 une image d'apprentissage 36, de dimension DIMX et DIMY, sur laquelle apparaît une partie des vecteurs calculés. La réalisation des étapes des organigrammes des figures 9A et 9B revient à appliquer la succession d'étapes suivantes :

- 1) calculer pour chaque vecteur prédéterminé une image d'apprentissage filtrée, en appliquant les étapes b1) à b2) qui ont été précédemment décrites;
- 2) choisir pour vecteur période \vec{t} ou \vec{c} , le vecteur prédéterminé pour lequel la somme des niveaux de gris de l'image d'apprentissage filtrée est minimale.

L'étape d'apprentissage consiste également à calculer les seuils S_{1t} , S_{2t} à partir de l'image d'apprentissage filtrée associée au vecteur \vec{t} , et les seuils S_{1c} et S_{2c} à partir de l'image d'apprentissage filtrée associée au vecteur période \vec{c} . On a représenté à la figure 9C l'organigramme correspondant au calcul des seuils S_{1t} et S_{2t} . A partir de l'image d'apprentissage filtrée associée au vecteur période \vec{t} , on calcule l'histogramme $H(NG)$ des niveaux de gris de cette image. Sachant que cette image contient N points élémentaires, la fonction de répartition des niveaux de gris de cette image est :

$$F(S) = \sum_{NG=0}^S \frac{H(NG)}{N}$$

Le seuil S_{1t} est choisi comme étant le plus petit seuil tel que $F(S_1)$ est supérieur ou égal à une valeur limite $1 - \epsilon$. Dans un exemple précis de réalisation, ϵ valait 0,025.

Le seuil S_{2t} est quant à lui déterminé à partir du seuil S_{1t} , par l'équation suivante :

$$S_{2t} = 3\sqrt{F(S_{1t})(1-F(S_{1t}))n + n(1-F(S_{1t}))}$$

n représente le nombre de points élémentaires contenus dans la fenêtre élémentaire qui sera utilisée à l'étape c) du procédé de l'invention et qui correspond à la validation des défauts dans l'image en noir et blanc obtenue à l'étape b3).

Le calcul automatique des seuils S_{2t} et S_{2c} est réalisé de la même manière par un organigramme identique, à partir de l'image d'apprentissage filtrée associée au vecteur \vec{c} .

05 Le procédé d'acquisition et de traitement de l'invention qui a été décrit n'est pas limité à la détection de défauts de fabrication dans une étoffe de tissu, mais peut être utilisé pour détecter toute irrégularité dans la structure d'un article plan à structure périodique. Cet article plan peut par exemple être également un article de textile tricoté.

10

15

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'acquisition et de traitement de l'image d'un article plan, du type étoffe de textile tissée, en vue de la détection de défauts de fabrication, consistant :
 - a) à acquérir une image initiale numérique de la surface de l'article.
 - b) et simultanément ou successivement, à filtrer l'image initiale en vue d'obtenir une deuxième image dans laquelle la texture générale de l'article a été en tout ou partie supprimée, caractérisé en ce que l'article ayant une structure périodique dans au moins une direction, l'image initiale se caractérise par au moins un vecteur période \vec{t} (respectivement \vec{c}) qui correspond à la période de la structure de l'article, et en ce que l'étape b) consiste à appliquer à chaque point élémentaire P de l'image initiale, la succession d'étapes suivantes :
 - b1) calculer un niveau de gris NG'(P) qui est proportionnel à la valeur absolue de la différence des niveaux de gris dans l'image initiale, respectivement du point élémentaire P, et de son homologue A (respectivement D) par la translation de vecteur période \vec{t} (respectivement \vec{c});
 - b2) affecter au point élémentaire P, le niveau de gris calculé à l'étape précédente.
2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il consiste en outre à effectuer à l'étape b1), le calcul d'un niveau de gris NG''(P) qui est proportionnel à la valeur absolue de la différence des niveaux de gris, dans l'image initiale, du point élémentaire P et du point élémentaire C (respectivement B) dont P est l'homologue par la translation de vecteur période \vec{t} (respectivement \vec{c}), et en ce qu'il comprend une étape supplémentaire b'1) préalable à l'étape b2) consistant à déterminer un niveau de gris NG(P) qui est fonction des niveaux de gris NG'(P) et NG''(P).
3. Procédé selon la revendication 2 caractérisé en ce que le niveau de gris NG (P) est proportionnel à la plus petite valeur des deux niveaux de gris NG'(P) et NG''(P).
4. Procédé selon la revendication 2 caractérisé en ce que le niveau de gris NG (P) est proportionnel à la somme des deux

niveaux de gris $NG'(P)$ et $NG''(P)$.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce qu'il comprend en outre, après l'étape b2), une étape supplémentaire b3) qui consiste à rendre binaire le niveau de gris du point élémentaire P, en le comparant à un premier seuil S_{1t} (respectivement S_{1c}) prédéterminé, en sorte d'obtenir une deuxième image en noir et blanc.

6. Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que le premier seuil S_{1t} (respectivement S_{1c}) est choisi en fonction d'un coefficient Σ qui est inférieur à 1 de telle sorte que

$$\int_{S_{1t}}^{\infty} P(Y) dY = \Sigma,$$

$P(Y)$ étant la probabilité que le niveau de gris qui est affecté au point élémentaire P à l'étape b2), prenne la valeur Y.

7. Procédé selon la revendication 5 ou 6 caractérisé en ce qu'il comprend après l'étape b), une étape supplémentaire c) consistant à transformer la deuxième image numérique en noir et blanc obtenue à l'étape b3), d'une part en calculant pour chaque point élémentaire P de ladite deuxième image, la somme des niveaux de gris des points élémentaires situés dans une fenêtre élémentaire qui est de forme et de dimension prédéterminées, et qui contient le point élémentaire P, et d'autre part en affectant la valeur binaire 0 ou 1 au niveau de gris de chaque point élémentaire P, en fonction du résultat de la comparaison de ladite somme avec un deuxième seuil S_{2t} (respectivement S_{2c}) prédéterminé.

8. Procédé selon les revendications 6 et 7 caractérisé en ce que la fenêtre élémentaire contenant n points élémentaires, le deuxième seuil S_{2t} a pour valeur $3\sqrt{\Sigma(1-\Sigma)n} + \Sigma n$

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 ou 8 caractérisé en ce que le coefficient Σ vaut 0,025.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 caractérisé en ce qu'il comprend une étape dite d'apprentissage préalable à l'étape a), consistant dans un premier temps à acquérir sous un éclairage une image numérique dite d'apprentissage d'une partie de la surface de l'article qui est

dépourvue de défaut, et dans un deuxième temps, à déterminer au moins un vecteur période \vec{t} (respectivement \vec{c}) de l'image d'apprentissage, parmi plusieurs vecteurs prédéterminés, en effectuant la succession d'étapes suivantes :

1) calculer pour chaque vecteur prédéterminé une image d'apprentissage filtrée, en appliquant l'étape b) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, pour chaque point élémentaire de l'image d'apprentissage,

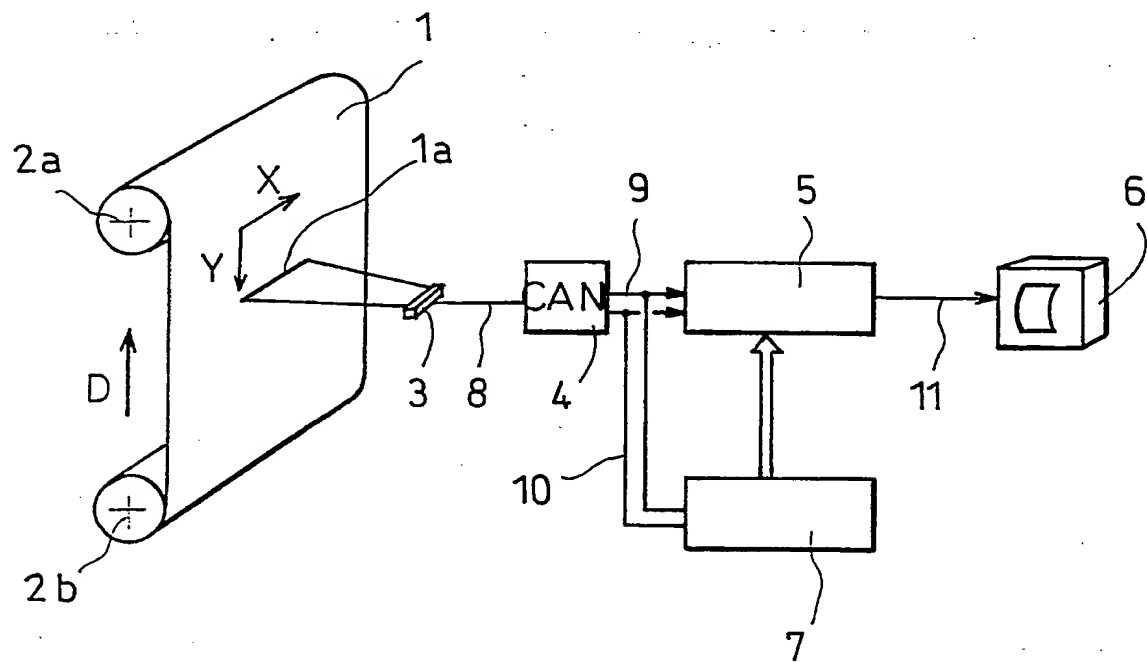
2) choisir pour vecteur période le vecteur prédéterminé pour lequel la somme des niveaux de gris de l'image d'apprentissage filtrée est minimale.

11. Procédé selon la revendication 10 caractérisé en ce que l'étape d'apprentissage consiste en outre dans un premier temps à calculer, à partir de l'histogramme des niveaux de gris de l'image d'apprentissage filtrée du vecteur période \vec{t} (respectivement \vec{c}), la fonction de répartition $F(S)$ de ces niveaux de gris, puis dans un deuxième temps, à partir d'un coefficient ξ prédéterminé, et inférieur à 1, à calculer automatiquement le premier seuil S_{1t} (respectivement S_{1c}) comme étant le plus petit seuil S tel que $F(S)$ est supérieur ou égal à $(1 - \xi)$.

12. Procédé selon la revendication 11 caractérisé en ce qu'il consiste en outre à l'étape d'apprentissage, à déterminer automatiquement, à partir d'un nombre de points élémentaires n prédéterminés, le deuxième seuil S_{2t} (respectivement S_{2c}) en calculant l'expression :

$$3 \sqrt{F(S_{1t})(1 - F(S_{1t}))n + n(1 - F(S_{1t}))}$$

$$(\text{respectivement } 3 \sqrt{F(S_{1c})(1 - F(S_{1c}))n + n(1 - F(S_{1c}))}).$$



FIG_1

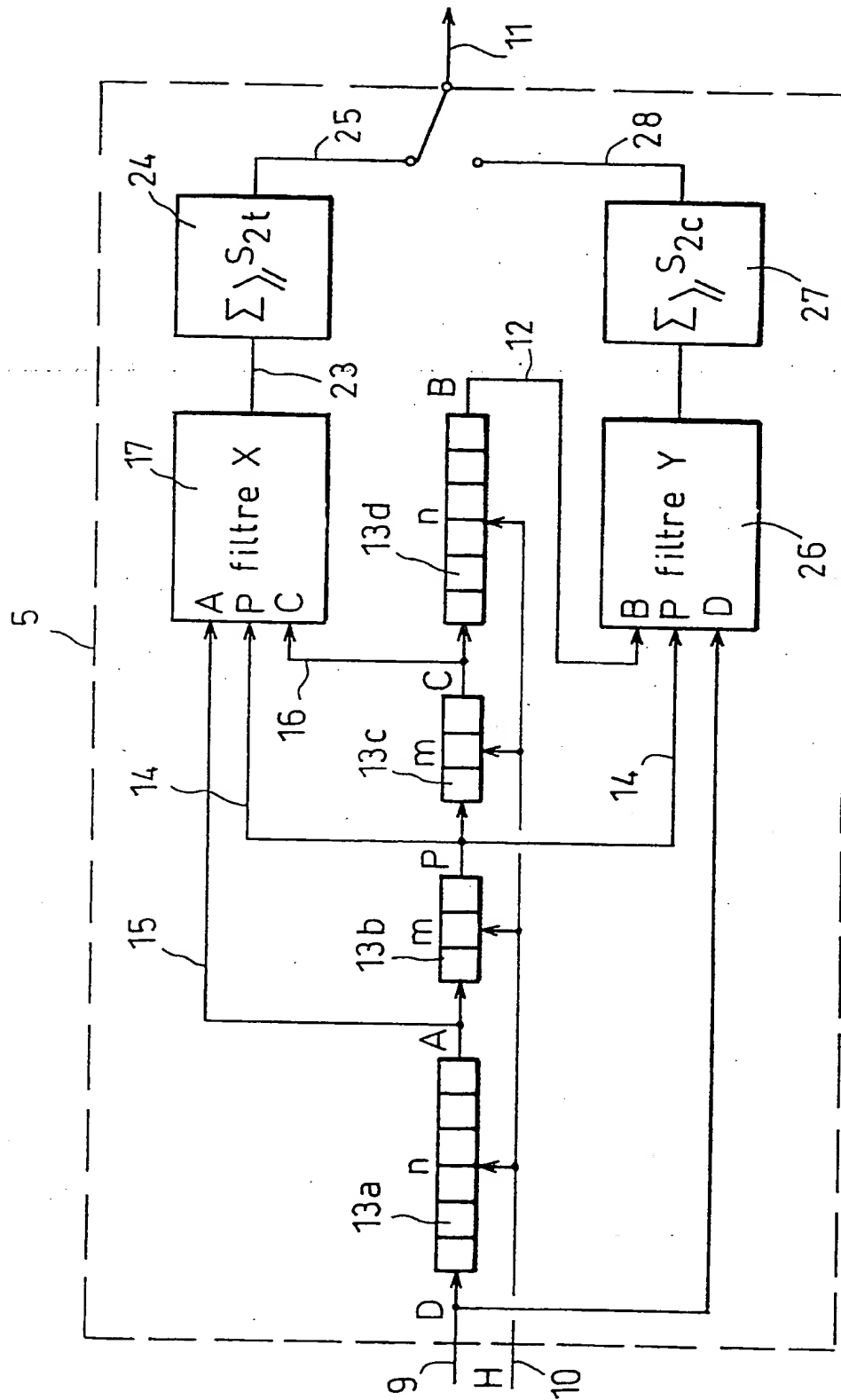


FIG-2

3 / 13

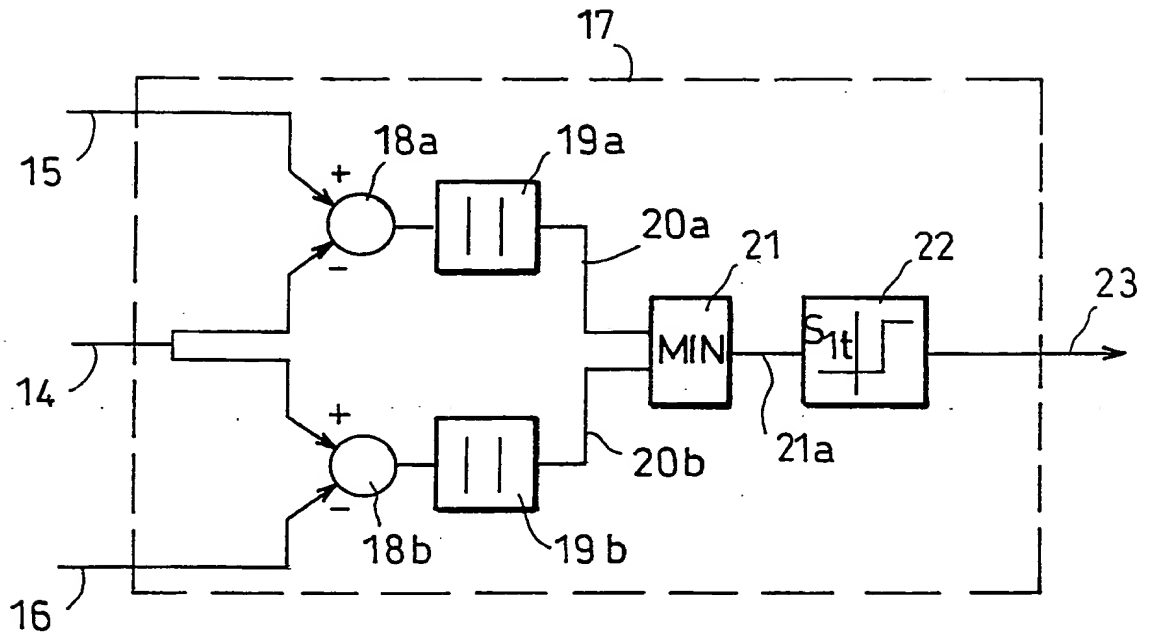


FIG. 3A

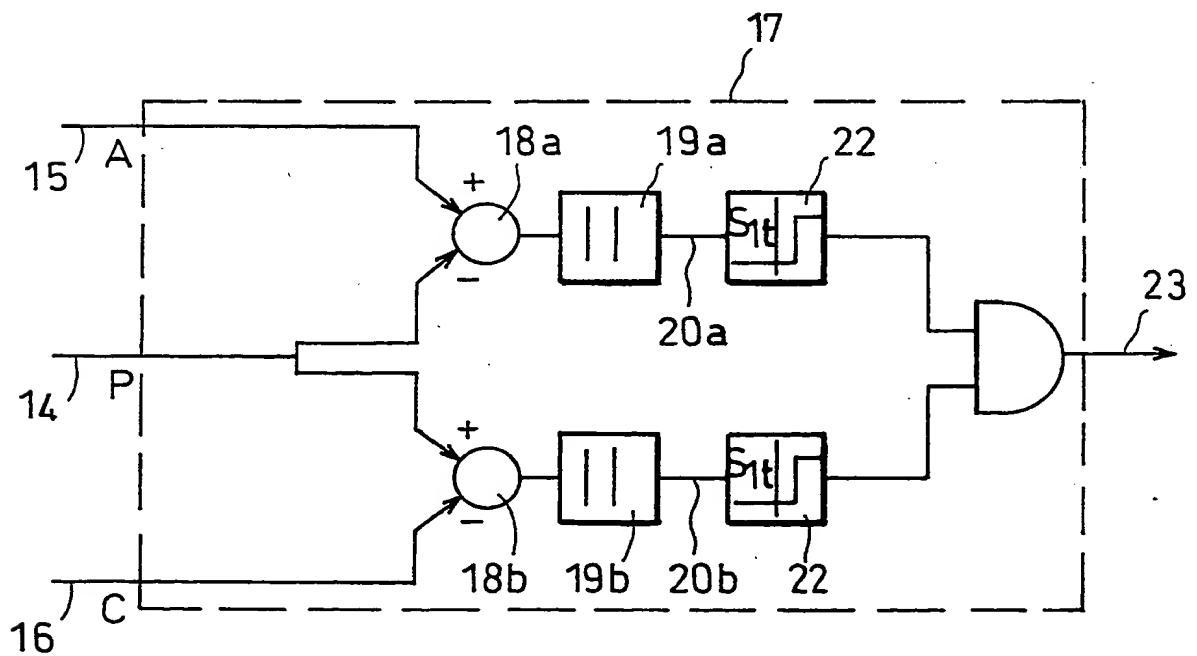
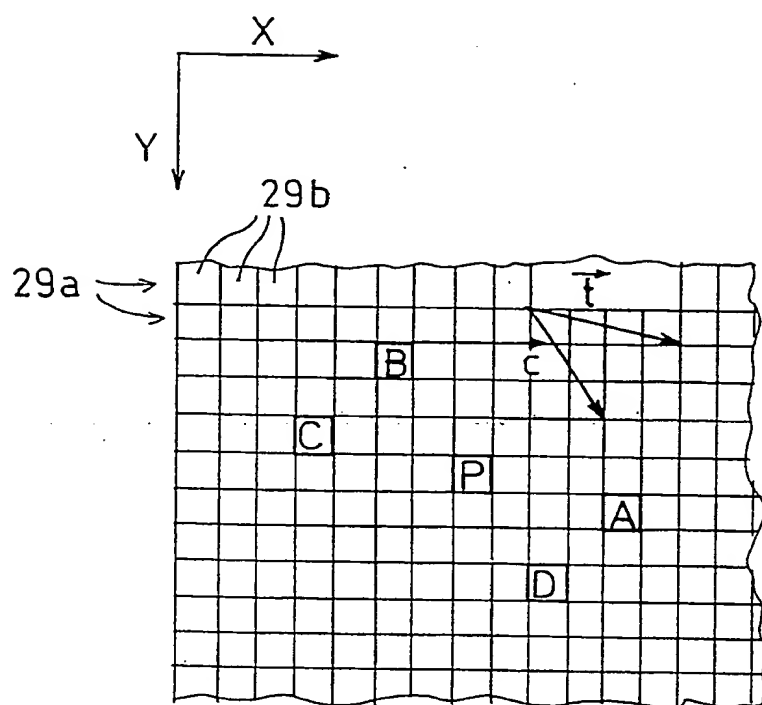
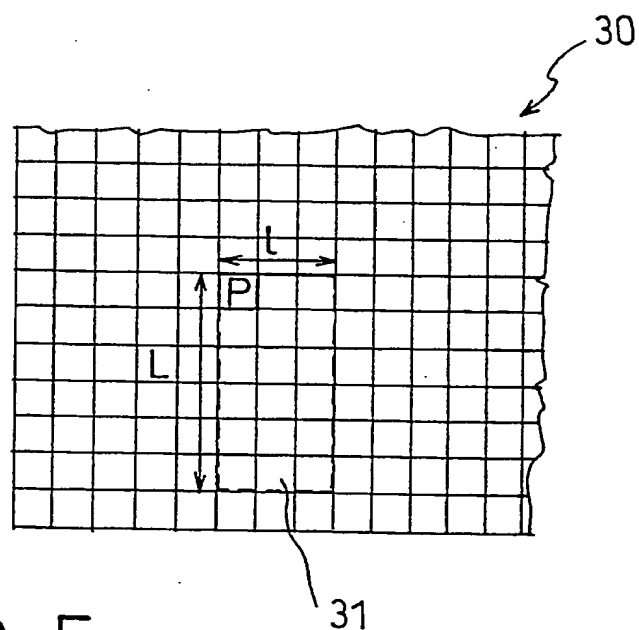


FIG. 3 B

4/13

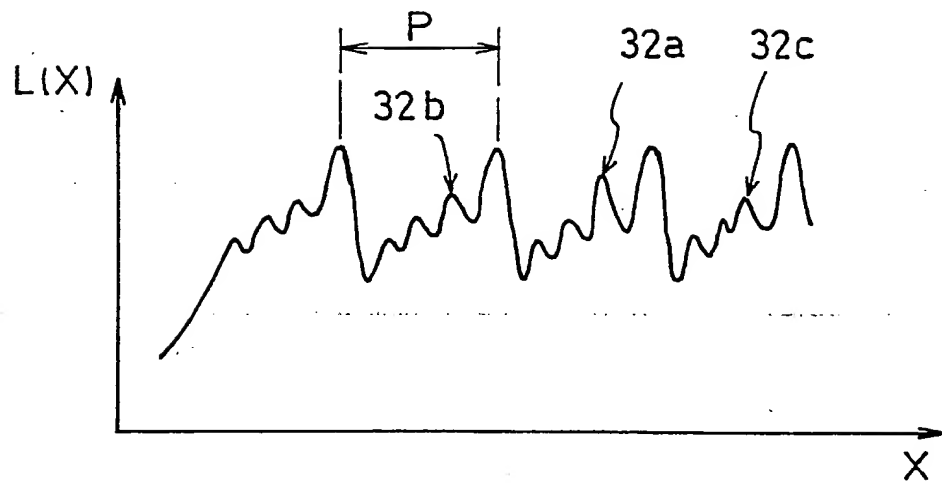


FIG_4

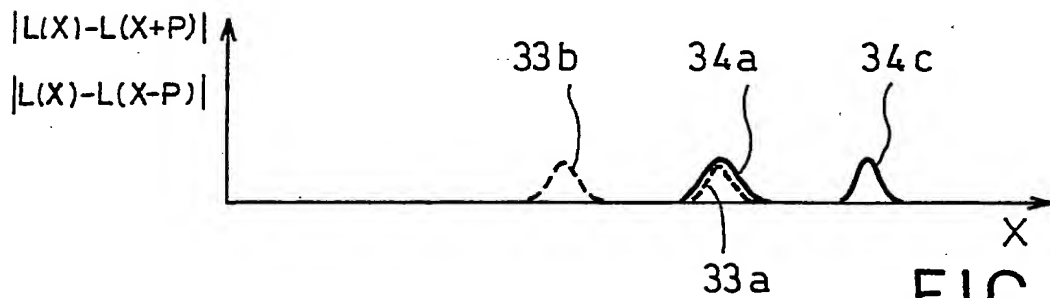


FIG_5

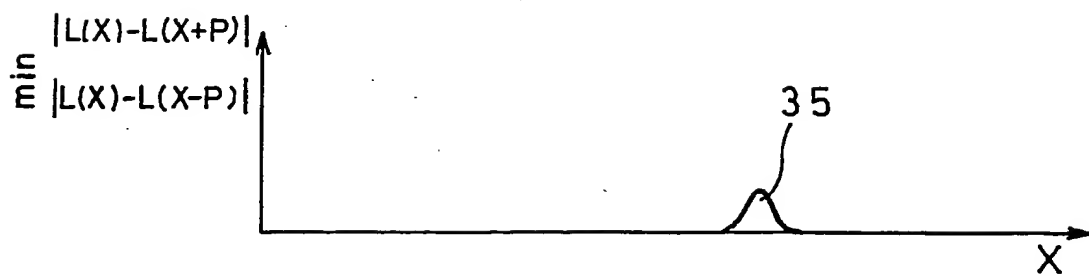
5 / 13



FIG_6A



FIG_6B



FIG_6C

6/13

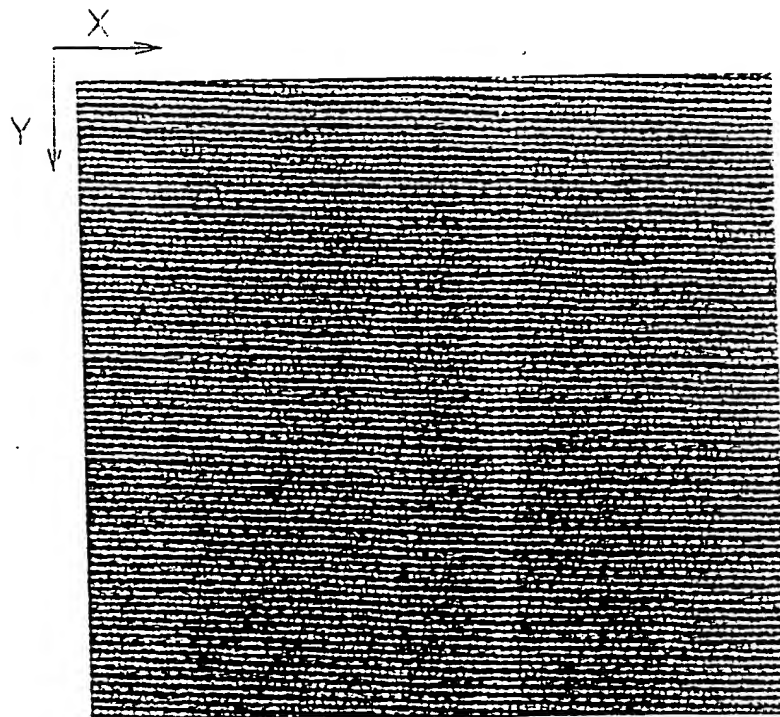


FIG. 7A

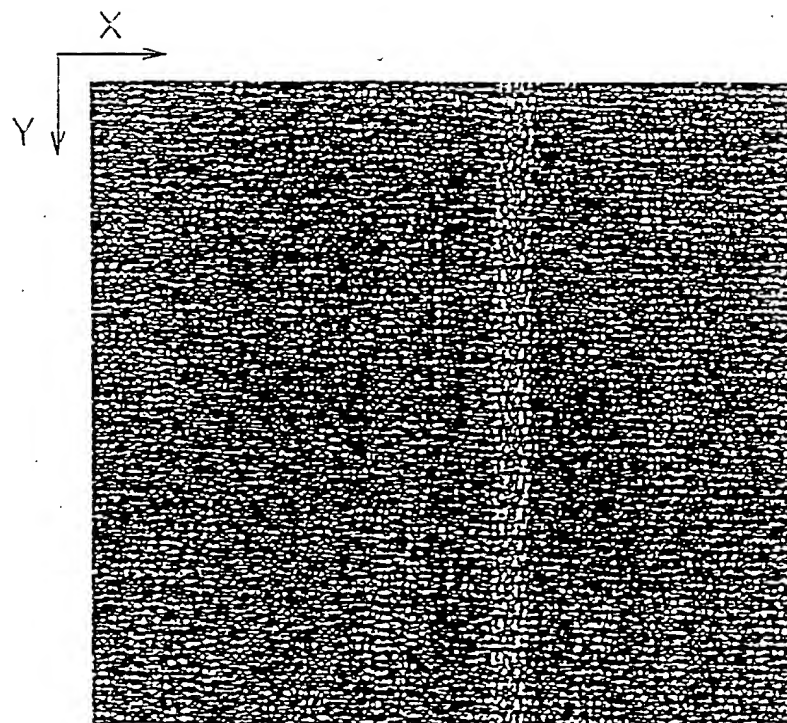
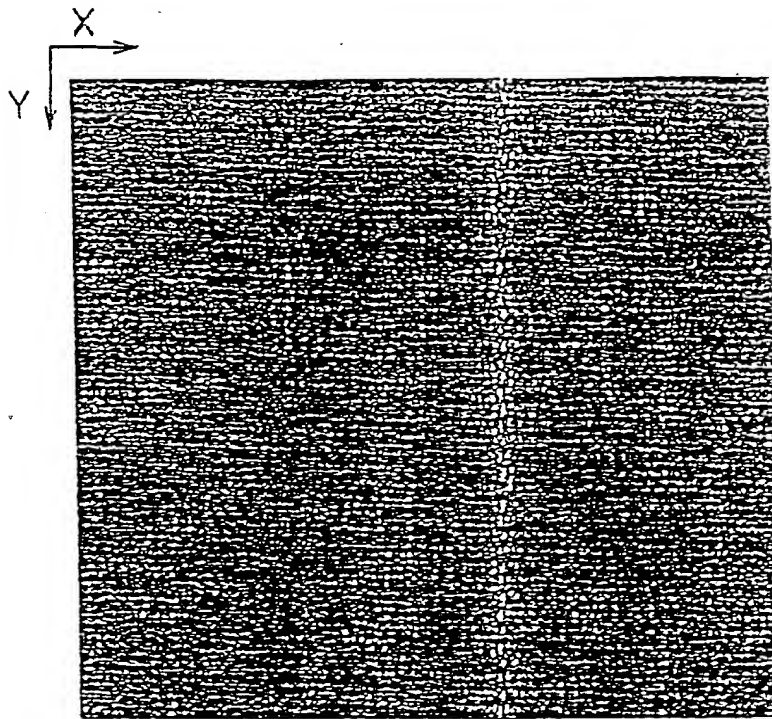
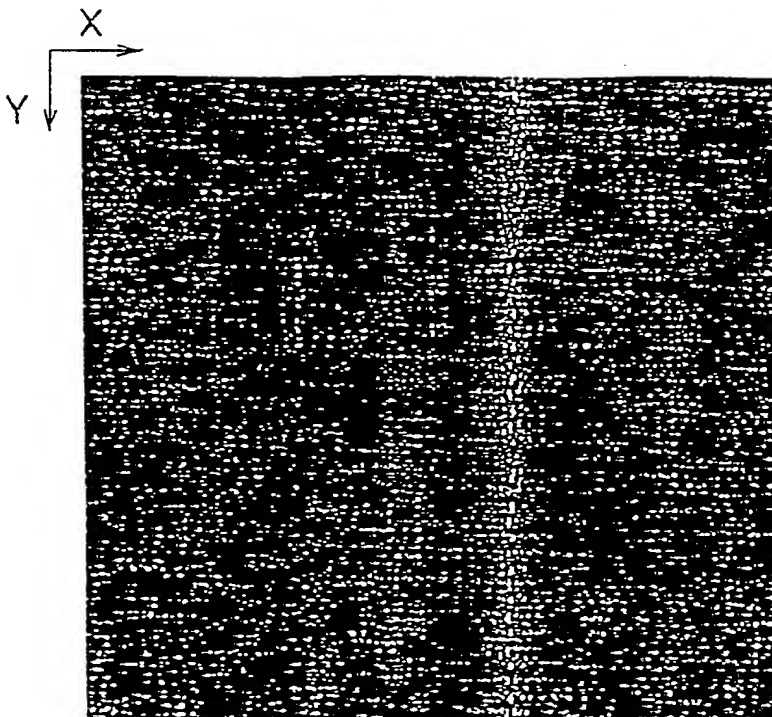


FIG. 7B

7/13



FIG_7C



FIG_7D

8/13

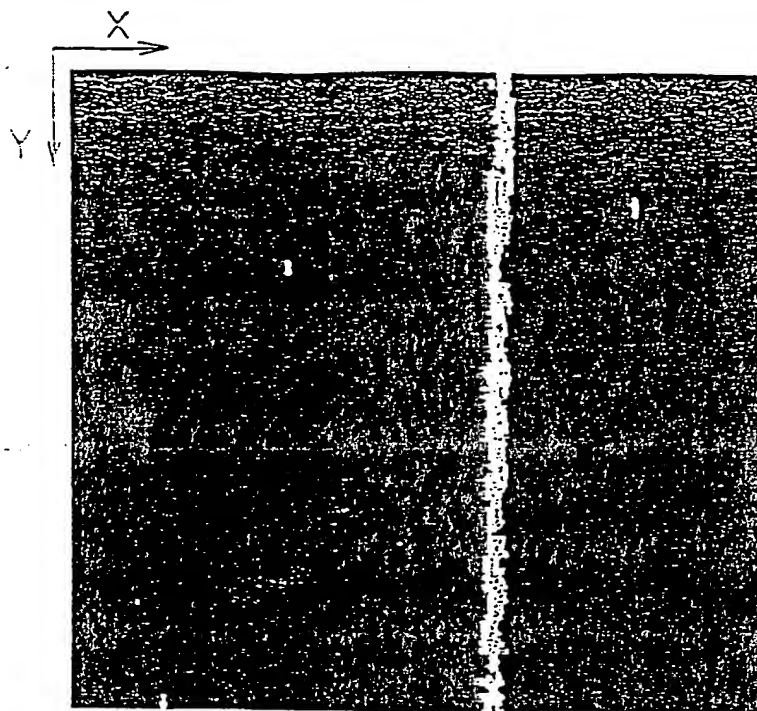


FIG. 7E

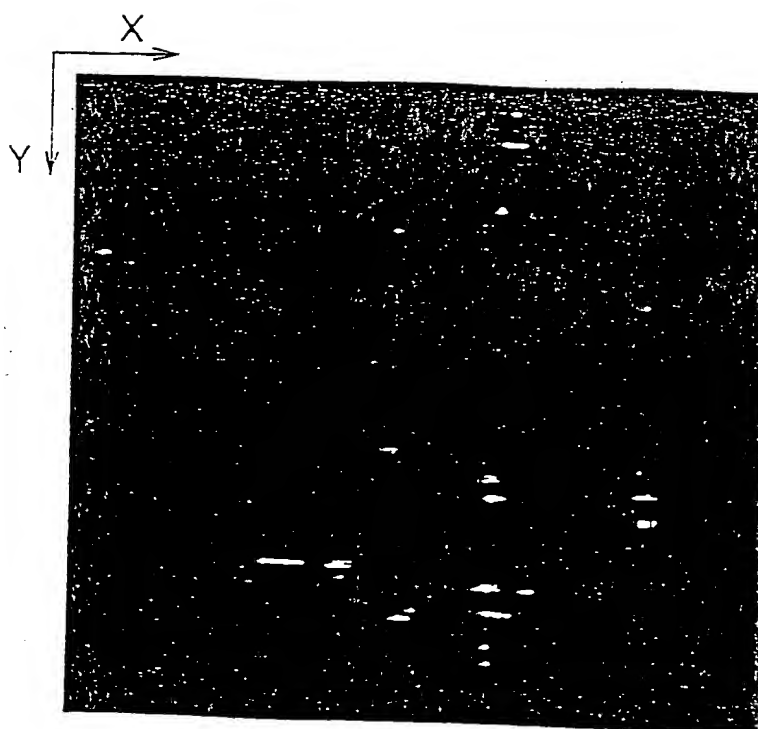


FIG. 7F

9/13

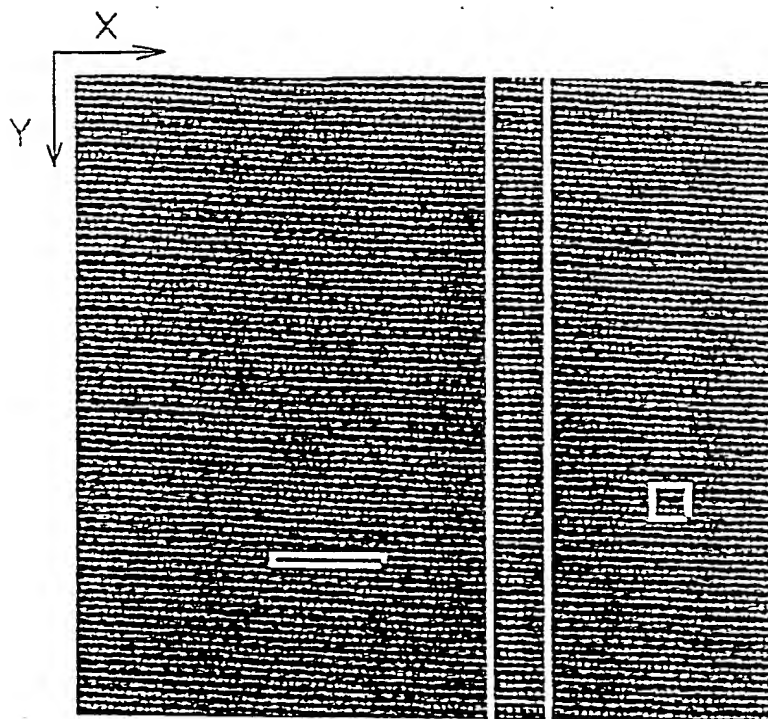
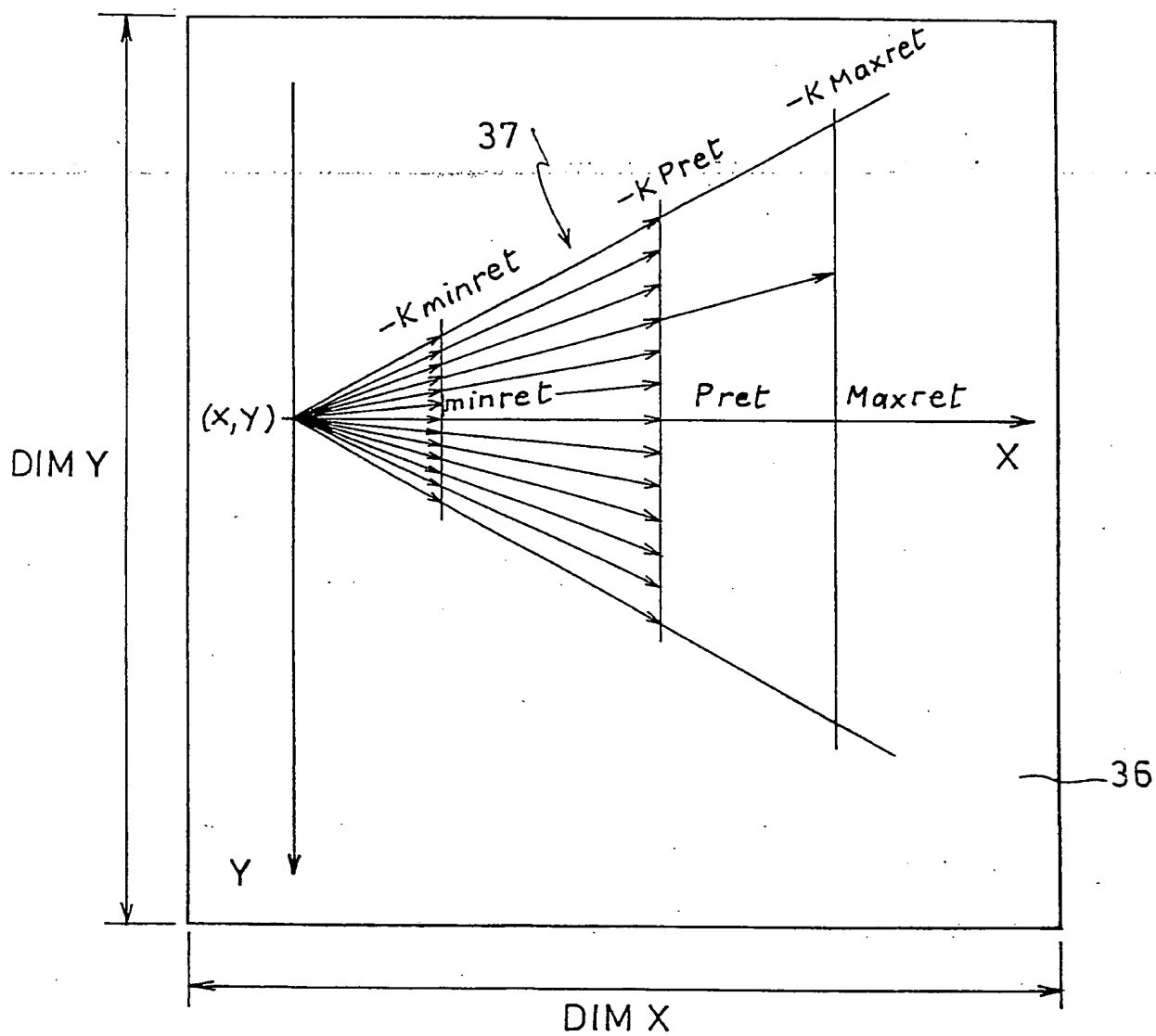


FIG. 7 G

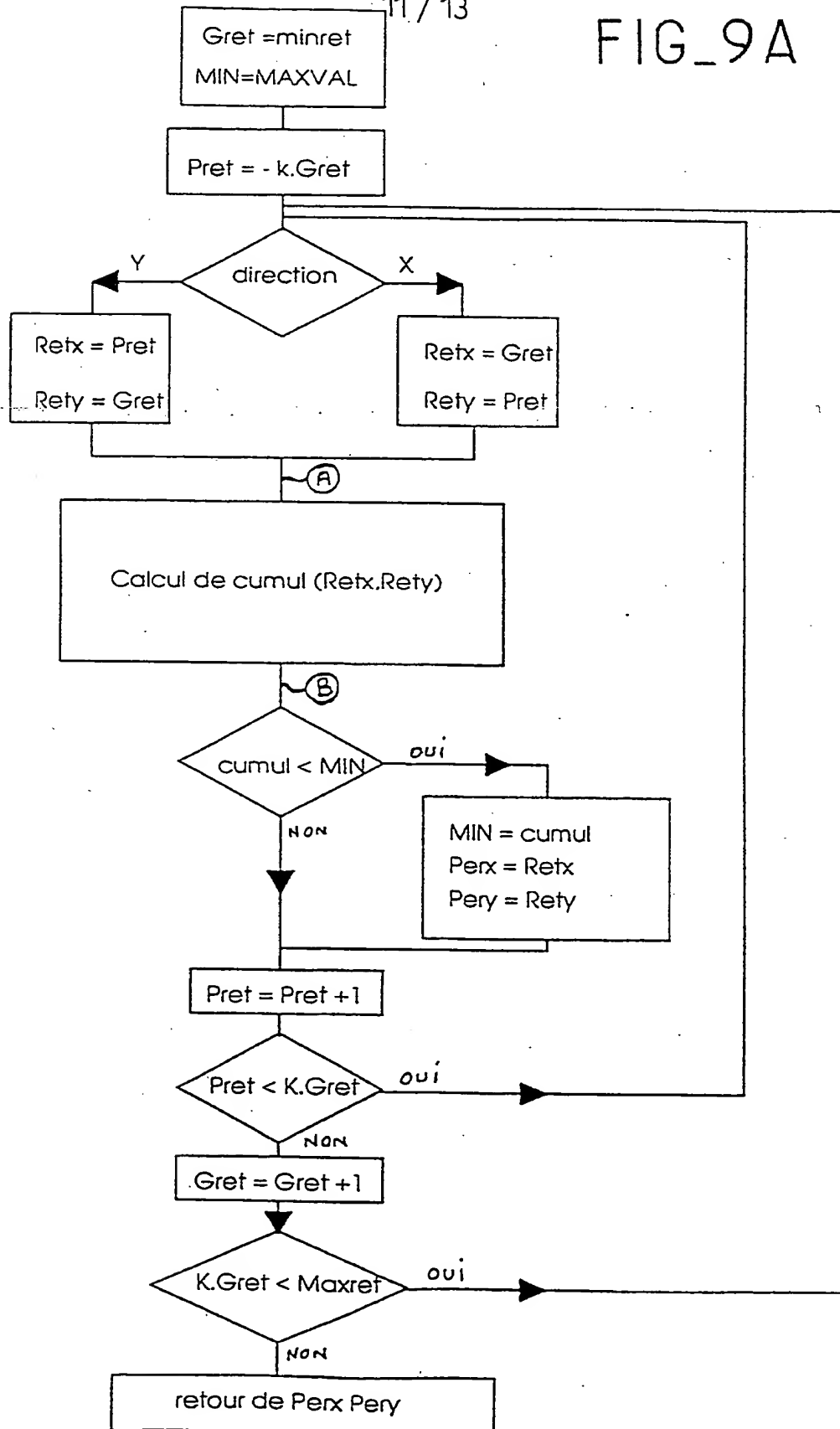
10/13



FIG_8

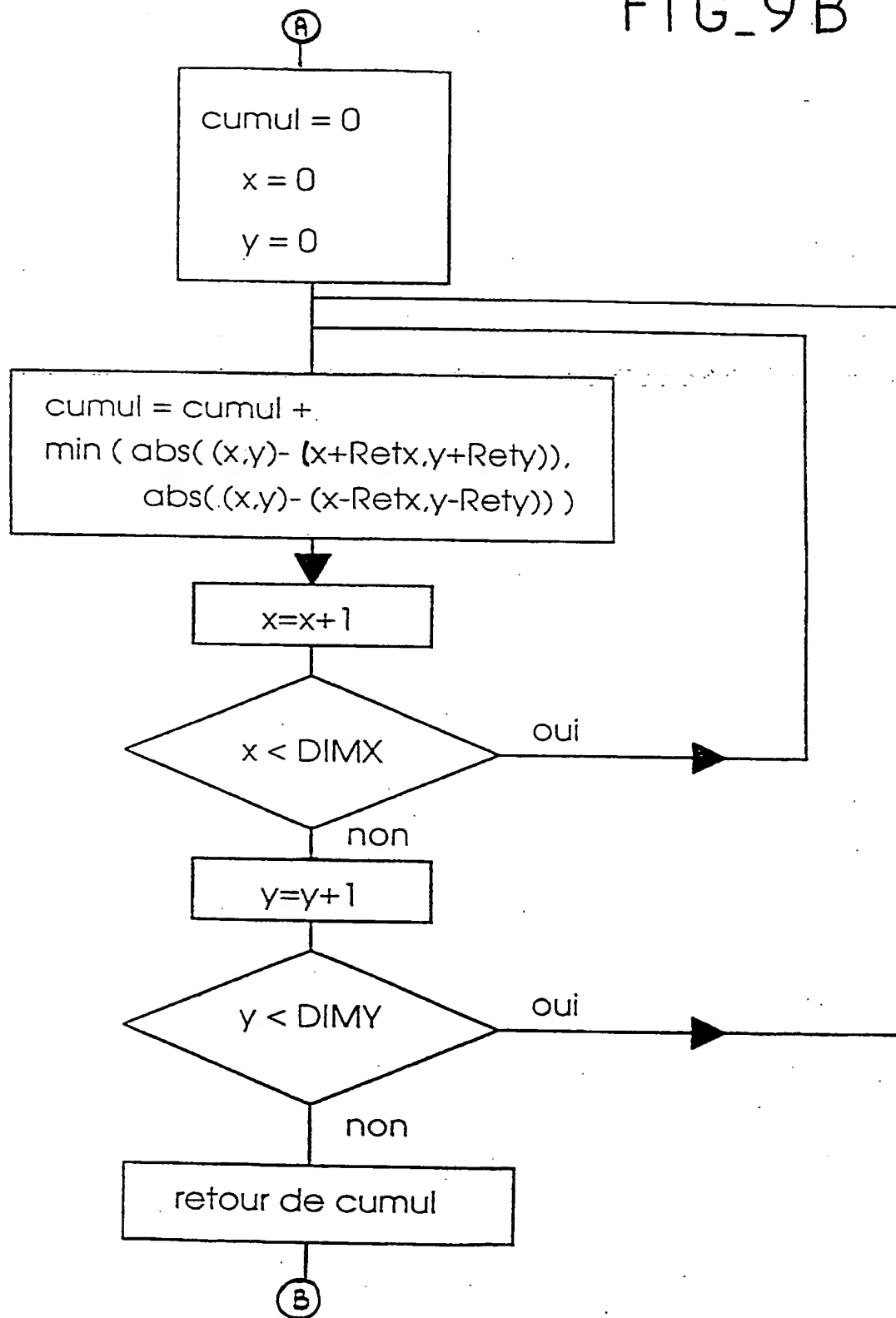
11 / 13

FIG_9A



12 / 13

FIG_9B



13 / 13

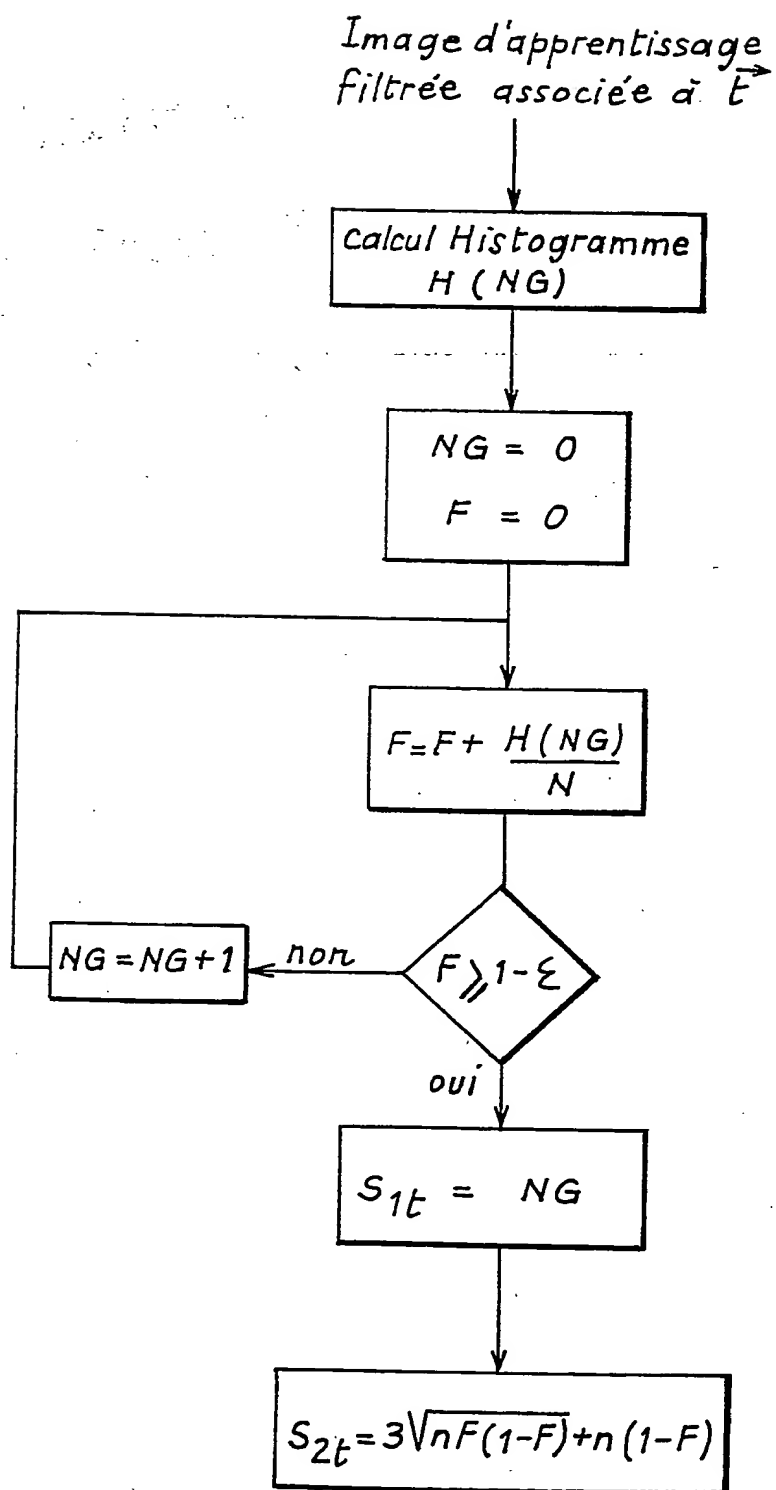


FIG. 9C

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)